

Urla-İskele'den Toplanan Deniz Kestanelerinin (*Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula*) Gonadosomatik İndeks Değişimi

*Aynur Lök, Aysun Köse

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 35100, İzmir, Türkiye
*E mail: aynur.lok@ege.edu.tr

Abstract: Cycles of gonadosomatic index of sea urchins (*Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula*) in Urla-İskele. The sea urchins *Arbacia lixula* and *P. lividus* are common on shallow subtidal reefs and live together in the Mediterranean. But *P. lividus* has been favoured by consumers because of its distinctive aroma and good taste. The gonads are eaten fresh in sauces, soups, creams and omelettes. The development of gonads of *P. lividus* is its maximum in February and May (8.84%-8.97%). Results indicate that gonad index of *P. lividus* was calculated between 2.87 ± 1.02 and 8.97 ± 0.56 . *A. lixula* gonad index was calculated between 4.28 ± 1.27 and 6.91 ± 0.84 in this study. *P. lividus* gonad index is maximum in May. *A. lixula* gonad index is maximum in February. 78.52% *P. lividus* and 21.47% *A. lixula* of population were observed in Urla-İskele population.

Key Words: *P. lividus*, *A. lixula*, gonadosomatic index.

Özet: *A. lixula* ve *P. lividus* Akdeniz'de subtidal kıyılarda birlikte yaşarlar. *P. lividus* belirgin tadı ve aroması nedeniyle tüketimde tercih edilen türdür. Gonadları sos, krema, çorba ve omelet içinde taze olarak tüketilir. *P. lividus*'ün gonad gelişimi Şubat ve Mayıs (% 8.84 ve % 8.97) aylarında maksimum olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre yıl boyunca *P. lividus*'ün gonad indeksi (GSI) 2.87 ± 1.02 ve 8.97 ± 0.56 arasında, *A. lixula*'ün gonad indeksi ise 4.28 ± 1.27 and 6.91 ± 0.84 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Urla İskele'deki deniz kestanesi popülasyonun % 78.52'sini *P. lividus*, % 21.47'sini de *A. lixula* türü deniz kestanelerinin oluşturduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula*, gonadosomatik indeks.

Giriş

Echinoidea familyası içinde yer alan deniz kestanelerinin 1000 'den fazla türü bilinmektedir. Deniz kestanelerinin bazı türleri belirgin aroması ve beğenilen tadı ile tüketiciler tarafından rağbet gören ürünler arasındadır (Cruz-Garcia, 2000). Kestane gonadları Japon deniz ürünleri pazarında kestane türüne ve yıl içindeki durumuna bağlı olarak kg başına 400 US\$ gibi yüksek fiyata alıcı bulabilmektedir. Fiyatın bu kadar yüksek olmasının ana nedeni, sabit pazar isteğine karşın deniz kestanesi üretiminde söz sahibi olan ülkelerdeki doğal alanlardan yapılan kestane avcılığının azalmasıdır.

P. lividus ve *A. Lixula* özellikle Akdeniz kıyılarında yayılım gösteren ve yaygın olarak görülen türlerdir. *P. lividus* insan tüketiminde kullanılmasına karşın *A.lixula* gonadları pek fazla tercih edilmemektedir.

Türkiye'de deniz kestaneleri üzerine yapılan çalışmalar daha çok *P. lividus* üzerine olup, biyo-ekolojik (Ünsal, 1973), embriyotoksik (Oral ve Uysal, 1996; Oral 2000), yetiştirme teknikleri (Lök ve diğ., 2002) biyokimyasal kompozisyon (Dinçer, 2004) ve gonadosomatik indeks (Köse, 2005) üzerinedir.

Bu çalışmada Urla-İskele'de subtidal zonda dağılım gösteren *P. lividus* ve *A. lixula*'nın çalışma alanındaki dağılım oranları ortaya konulurken herbir türün seks oranı ve aylık gonadosomatik indeks değişimi belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma 38°21'86" Kuzey enlemi ve 26°46'31" Doğu boylamında yer alan Urla-İskele kıyı şeridinde yapılmıştır. Aralık 2001-Eylül 2002 tarihleri arasında aylık olarak 50 adet deniz kestanesi örnekleme 2-3 m derinlikten rastgele elle toplanarak yapılmıştır. Toplanan kestaneler *P. lividus* ve *A. lixula* türlerine göre ayrılarak tür oranı ile test ve diken renkleri tespit edilmiştir. Gonadosomatik indeks ölçümleri Ocak 2002 tarihinde başlamıştır. Örnekleme sonrasında kestaneler bekletilmeden laboratuara getirilmiş ve üzerindeki ölü kabuk, taş, yosun gibi istenmeyen parçalar temizlendikten sonra test çapı 40 ± 10 mm olan bireyler ölçümleri yapılmak üzere ayrılmıştır.

Kestanelerin toplam canlı ağırlıkları 0.01 g hassasiyetli Scaltec terazi ile ölçülmüştür. Ağırlıkları ölçülen bireylerin oral (ağız) ve aboral (anüs) doğrultusunda vertikal olarak test boyu ve horizontal olarak en geniş kısmı olan test çapı 0.01 mm'lik kumpas ile yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda değerlendirmeye alınan deniz kestanelerinin çap ve ağırlık değerleri Tablo 1 ve 2 'de verilmiştir. Ayrıca deniz kestanelerinin test ve diken renkleri kaydedilerek toplam popülasyondaki renk dağılımı tespit edilmiştir.

Deniz kestanelerinin biyometrik ölçümleri yapıldıktan sonra bir makas yardımıyla peristom kısmından kesilerek kestane ikiye ayrılarak periviskeral boşluğunda bulunan sıvı boşaltılmış ve sindirim sistemi temizlenerek gonad loplarına

ulaşmıştır. Deniz kestanelerinin testinin iç yüzeyinde 5 adet lop halinde bulunan gonadlar bir pens yardımıyla ösefagusun sağ tarafından birer birer alınıp boy ve ağırlıkları ölçüldükten sonra gonad renk tespiti yapılmıştır. Gonad indeksi aşağıda verildiği gibi toplam yaş ağırlık formülüyle (Agatsuma 1998) hesaplanmıştır:

Gonad indeksi (GSI) = (Gonad yaş ağırlık / Toplam yaş kestane ağırlık) * 100

Tablo 1. Gonadosomatik indeks ölçümlerinde kullanılan kestane (*P. lividus*) örneklerinin test çapı ve toplam canlı ağırlık değerleri.

	Test Çapı (mm)		Ağırlık (g)	
	X±Sx	Min-max	X±Sx	Min-max
Aralık	47.85±0.69	44.8-51.6	41.36±1.97	32.02-54.35
Ocak	48.22±1.58	35.3-59.0	46.13±3.82	20.43-77.66
Şubat	40.81±2.18	23.3-52.8	30.83±2.31	20.26-56.12
Mart	46.33±0.96	39.0-60.0	41.37±2.76	19.92-86.13
Nisan	44.33±0.93	35.0-50.0	33.69±3.85	19.91-96.12
Mayıs	46.62±1.73	28.0-52.7	41.94±3.55	8.21-62.64
Haziran	47.62±1.27	41.05-54.35	42.97±2.98	28.25-61.95
Temmuz	37.38±1.00	22.50-46.9	24.42±1.66	3.50-41.50
Eylül	45.14±0.78	33.5-73.3	33.71±1.25	14.15-60.58

Tablo 2. Gonadosomatik indeks ölçümlerinde kullanılan kestane (*A. lixula*) örneklerinin test çapı ve toplam canlı ağırlık değerleri.

	Test Çap (mm)		Ağırlık (g)	
	X±Sx	Min-max	X±Sx	Min-max
Aralık	47.00±0.57	43.3-51.6	41.75±1.85	31.63-57.60
Şubat	42.03±1.58	39.6-45.0	26.82±2.90	21.35-31.23
Mart	45.82±1.36	41.3-53.6	38.42±4.56	25.80-68.03
Nisan	45.2±1.69	36.4-54.6	35.94±3.17	17.85-47.40
Mayıs	46.21±1.55	35.6-55.6	40.88±3.06	19.99-73.78
Temmuz	44.95±1.55	43.40-46.50	38.7±1.30	37.40-40.0

Kestanelerin toplandığı alandan aylık olarak deniz suyu örneklemede suyun sıcaklık ölçümü civalı termometre ile, tuzluluk Mohr-Knudsen yöntemiyle ölçülmüştür. pH ölçümünde Hanna HI 8314 model pH metre kullanılmıştır.

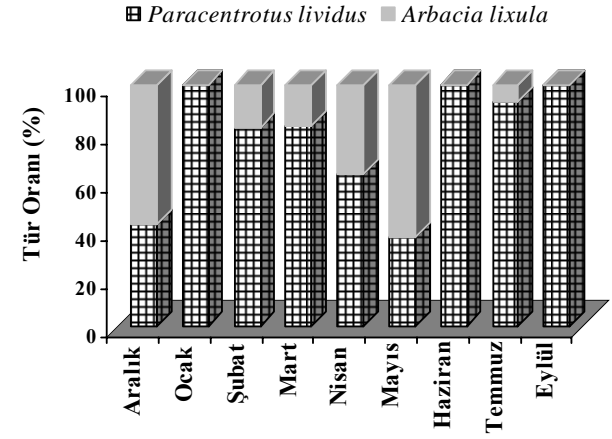
Örnekleme yapılan deniz kestanelerinin tanımlayıcı istatistikleri Microsoft Excel programında yapılmıştır. Aylara göre bireylerin gonad ağırlığı arasındaki farklılığı Tek Yönlü Varyans Analizi (Anova), hangi aylardan kaynaklandığını belirlemek için de Tukey testi SPSS programında uygulanmıştır.

Bulgular

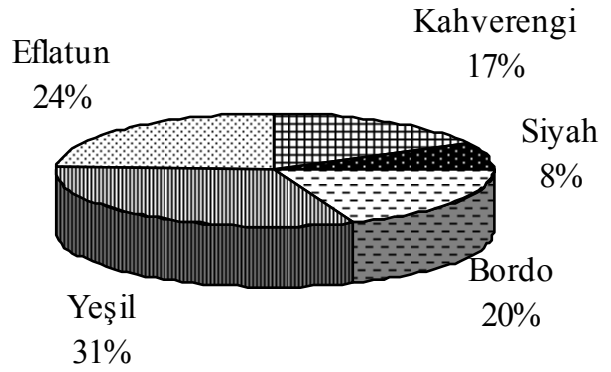
Aralık 2001-Eylül 2002 tarihleri arasında yapılan deniz kestanesi örnekleme sonuçlarında ortamda *P. lividus* ile birlikte *A. lixula* türünün de bulunduğu tespit edilmiştir. Aralık ve Mayıs aylarında yapılan örneklemede % 62-70'lik oranda *A. lixula* türünün varlığı tespit edilirken diğer aylarda baskın tür *P. lividus* olmuştur (Şekil 1). Ocak, Haziran ve Eylül aylarında örnekleme alanında *A. lixula* türüne ait bireylere rastlanmamıştır.

Örnekleme sonrasında değerlendirmeye alınan kestanelerin test ve diken renklerine bakıldığında *A. lixula* türünün test renginin tüm örnekleme boyunca siyah olduğu, renk farklılaşmasının olmadığı belirlenirken, *P. lividus* türüne ait bireylerde ise beş farklı renkte test rengi tespit edilmiştir.

Eflatun ve bordo renkli kestaneler %24 ve %20 lik oranda belirlenirken siyah renkte *Paracentrotus* sadece %8'lik oranda bulunmuştur (Şekil 2).



Şekil 1. Örneklemede tespit edilen *P. lividus* ve *A. lixula* tür oranı

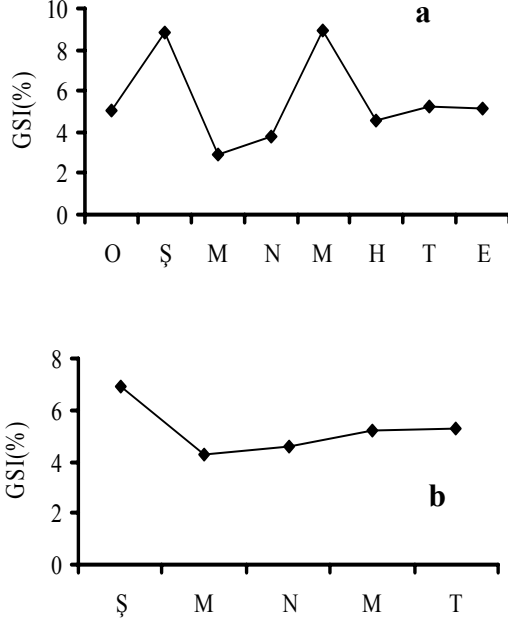


Şekil 2. Örneklemede tespit edilen *P. lividus*'un test ve diken renk değişimi

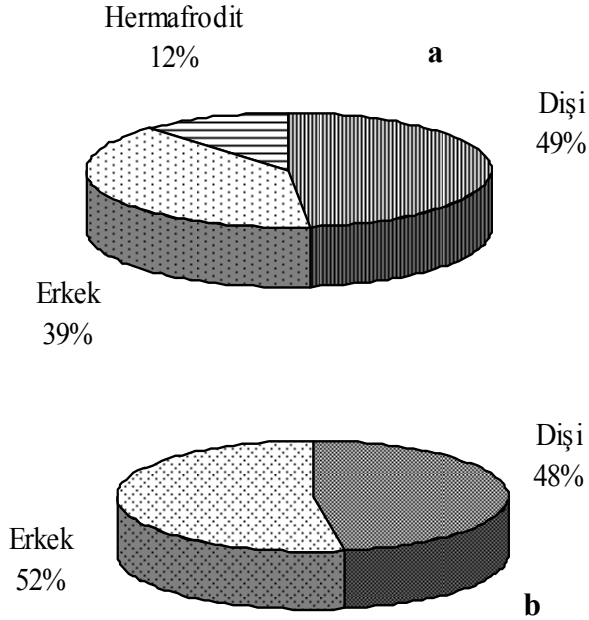
Aylara bağlı olarak *P. lividus* ve *A. lixula* türü deniz kestanelerinin gonad indeksi değişimleri Şekil 3'de verilmiştir. *P. lividus* türünün Şubat ve Mayıs olmak üzere iki pik dönemine sahip olduğu ve maksimum % 8.97±0.56 gonad oranı tespit edilmiştir. Minimum gonadosomatik indeks ise Mart ayında %2.87±1.02 olarak hesaplanmıştır (Şekil 3a). Aylar göre gonad indeksi farklılık olduğu ve bu farklılığın Şubat ve Mayıs aylarından kaynaklandığı tespit edilmiştir (p≤0.05). *A. lixula*'nın gonad indeksi maksimum %6.91±0.84 olarak Şubat ayında, minimum %4.28±1.27 olarak Mart ayında tespit edilmiş (Şekil 3b) ve aylara göre farklılığın Şubat ayından kaynaklandığı bulunmuştur (p≤0.05). Ocak, Haziran ve Eylül aylarında *A. lixula* bireylerinin örnekleme alanında bulunmaması nedeni ile GSI değerleri belirlenememiştir.

Gonad örneklerinin değerlendirilmesi hem dış bakıya göre makroskobik olarak hem de dokulardan örnekler alınarak mikroskop altında bakılarak mikroskopik inceleme sonucu cinsiyet oranları tespit edilmiştir. *P. lividus* türü deniz kestanesinde dişi oranı % 49, *A. lixula* türünde ise % 48 olarak bulunmuştur (Şekil 4). Hermafrodit bireylere *P. lividus* türünde

rastlanırken *A. lixula* türünde hermafrodit birey tespit edilememiştir.



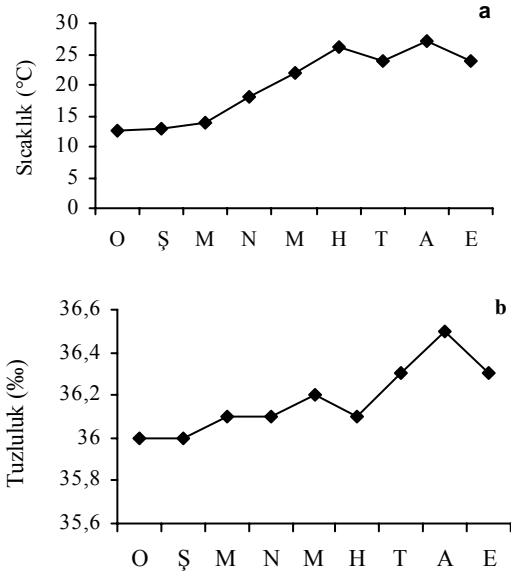
Şekil 3. *P. lividus* (a) ve *A. lixula*'nın (b) gonadosomatik indeks değişimi



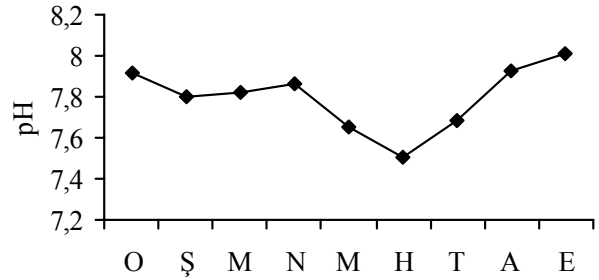
Şekil 4. Örneklem yapılan *P. lividus* (a) ve *A. lixula*'nın (b) türlerinin cinsiyet oranları

Örneklemeler esnasında deniz suyu sıcaklığı, tuzluluğu ve pH değişimleri de takip edilmiştir. En yüksek sıcaklık Ağustos ayında 27 °C, en düşük sıcaklık Ocak ayında 12.5 °C olarak tespit edilmiştir(Şekil 5a). Tuzluluk değerleri en yüksek

Ağustos ayında %36,5, en düşük Ocak ayında %36 olarak ölçülmüştür(Şekil 5b). pH değerleri ise 7,5-8,0 arasında olmuştur (Şekil 6).



Şekil 5. Örneklem alanındaki (Urla-İskele) deniz suyunun sıcaklık ve tuzluluk değişimi



Şekil 6. Örneklem alanındaki (Urla-İskele) deniz suyunun pH değişimi

Tartışma ve Sonuç

Urla-İskele'de dağılım gösteren deniz kestanelerinin gonadosomatik indeks değişimi yanında cinsiyet oranı, test renk çeşitliliği gibi bazı özellikleri de belirlemek amacıyla rastgele toplanan örnekler üzerinde çalışılmıştır.

Akdeniz'de sığ sublittoral taşlık alanlarda *P. lividus* ve *A. lixula* makroalg türlerinin bulunduğu alanlarda birlikte yaşadıkları birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir (Vatova, 1950, Witman ve Dayton, 2001). Çalışma boyunca *P. lividus* ile birlikte *A. lixula* toplanmasına karşın her zaman *P. lividus* dominant tür olmuştur. Hatta Ocak, Ağustos ve Eylül aylarında *A. lixula* bulunamamıştır.

P. lividus geniş sıcaklık aralıklarında ve ışık rejimlerinde yaşayabilen bir türdür. Akdeniz'de dağılım gösteren populasyon için yılda iki defa yumurtladığı bildirilmesine (Regis, 1979) karşın, İrlanda'da yılda hem bir hem de iki defa

yumurtladığı rapor edilmiştir (Willis, 1976). Genellikle kestanelerde esas gonad gelişimi kış aylarında, yumurtlama baharda, orta derecede gonad yazın ve sonbaharda ve yine yumurtlama sonbahar aylarında olmaktadır (Shpigel et al, 2004). Bu da gonad gelişimi ile nutrijent(protein, yağ, karbonhidrat) birikiminin sıcaklık ile ilişkili olmadığını gösterir. (Shpigel et al, 2004).

Birçok araştırma sonucunda sıcaklığın, özellikle ılıman sularda yaşayan birçok ekhinoid türünde gametogenesi etkilediği ve düzenlediği ortaya çıkmıştır (Pearse ve Cameron, 1991). Spirlet et al., (1998) sıcaklığın gametogenetik işlemi artırıcı bir rol oynadığını fakat tetikleyici bir işaret olmadığını bildirmiştir. Su sıcaklığını 20°C'ye ulaşıncaya kadar gametogenesis oranı artmaktadır (Spirlet et al., 2000). Su sıcaklığı 24-26 °C'yi aştığında gonad büyümesi ve nutrijent birikimi etkilenmeye başlar. *P. lividus*'un gonad gelişimini yüksek su sıcaklığı olumsuz etkilemektedir. Sıcaklık 24 °C üzerine çıktığında gelişme azalır ya da durur. Gonad artışı ve GSI değeri düşük sıcaklıkta daha yüksek olmaktadır (Shpigel et al, 2004). Benzer sonuçlar Urla-iskele'den yaz aylarında toplanan kestanelerde gözlenmiştir. Sıcaklığın yüksek olduğu aylarda GSI değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir.

Byrne (1990) ve Spirlet et al., *P. lividus* türü deniz kestanelerinde gonad gelişiminin yılın soğuk aylarında ve kısa günlerinde olduğunu rapor etmişlerdir. Gün uzunluğu kestanelerde gametogenesi etkilemektedir (Giese, 1959). Bu çalışmada en fazla GSI değeri gün uzunluğu kısa olan aylar ile baharda taşlar üzerinde özellikle kestanelerin alabileceği besinlerden olan makroalg türlerinin görüldüğü aylarda tespit edilmiştir.

P.lividus (Boudouresque and Verlaque, 2001) ve diğer ekhinoidlerde (Klinger et al., 1988; Lawrence et al., 1997; McBride et al., 1997; Barker et al., 1998) gonad gelişimi ve nutrijent birikiminin su sıcaklığından çok besin miktarına ve kalitesine bağlıdır. Besin sınırsız olduğunda sıcaklık deniz kestanelerinin gelişimini etkileyen en önemli faktör haline gelir (Spirlet et al., 2000; Shipigel et al., 2004).

Shpigel et al., (2005) *P. lividus* bireylerinin gonad verimliliği üzerine besinin etkisini araştırmışlar ve hazırladıkları yapay besinin makroalg türlerine göre çok daha yüksek GSI (gonad indeksi) (%23) verdiğini tespit etmişlerdir. Makroalg türleri ile beslemenin ise gonad rengi ve kalitesi üzerinde daha iyi sonuç verdiğini rapor etmişlerdir. Özellikle kelp gibi deniz kestanelerin tercih ettiği besinler ortamda olduğunda gonad üretimi de artmaktadır (Vadas, 1977).

Strongylocentrotus franciscanus'un gonad indeksi besin tüketimi ve üremeye bağlı olarak mevsimsel değişimlerden ve ortam özelliklerinden etkilenmektedir. Besin tüketimi gonadların olgun ve büyük olduğu bahar aylarında, sonbaharda gonadları daha az olan bireylere göre bir buçuk kat daha azdır (McBride et al., 2004). Düşük su sıcaklığı *P. lividus* (Spirlet et al., 2000) and *S. intermedius*, *Strongylocentrotus nudus* ve *Psuedocentrotus depressus* (Unuma, 2002) gibi deniz kestanelerinde az besin tüketimine ve gonad gelişime neden olur.

Deniz kestanelerinde gametogenesis hakkındaki

bilgilerin büyük bir çoğunluğu GSI değerlendirmelerine dayalı yapılmaktadır (Walker et al., 1998). Spirlet et al, (2000), Brittany'de *P.lividus*'un doğal ortamda GSI değerinin % 8'i aşmadığını bildirmişlerdir. Spirlet et al., (1998) yaptığı çalışmada *P. lividus*'un gonad indeksini % 4-6 olarak bulmuştur. Çeşme-Mersin Körfezi'nde yapılmış bir çalışmada GSI değerinin yıllık ortalama değerinin % 3,69 olduğu, en yüksek Nisan ayında % 6,13 ve düşük Haziran ayında % 0,58 olduğu bildirilmiştir (Köse, 2005). Bu çalışmada en yüksek GSI *P. lividus* türünde % 8,84 ve 8,97 ile Şubat ve Mayıs aylarında, *A. lixula* türünde ise sadece Şubat ayında % 6.91 olarak tespit edilmiştir. GSI değerlerinin yüksek olduğu Şubat ve Mayıs aylarında deniz suyu sıcaklığı 13 ve 22°C olması, çalışma alanında kestanelerin GSI değerleri üzerine sıcaklığın çok etkili olmadığını düşündürmektedir. Şubat ve Mayıs aylarının su sıcaklık değerleri arasında önemli farklılık olmasına karşın yılın en yüksek GSI değerleri bu aylarda tespit edilmiştir. Bu durumda burada GSI değişimini etkileyen başka bir faktörün sıcaklıktan çok daha etkili olduğu söylenebilir.

Spirlet et al., (1998) *P lividus* üzerinde yaptıkları çalışmada erkek/dişi oranını 1/1,24 olarak bulmuşlardır. Araştırma alanında *P.lividus* ve *A. lixula*'nın cinsiyet oranına bakıldığında *P. lividus* populasyonunda erkek/dişi oranı 1/1,25 olarak Spirlet et al., (1998)'un sonuçlarına çok yakın olduğu bulunmuştur. *A. lixula* populasyonunda erkek/dişi oranı 1,08/1 olarak tespit edilirken, bu tür ile ilgi bu konuda yapılmış başka bir çalışma olmadığından karşılaştırma yapılamamıştır. Omurgasızlarda cinsiyetin çoğunlukla genetik olarak aktarıldığı, bazı durumlarda ise çevresel faktörlerin etkili olduğu bildirilmektedir (Barnes, 1974). Boolotion (1960) *Strongylocentrotus purpuratus* türünün cinsiyeti üzerinde sıcaklığın etkili olabileceğini belirtmiştir.

Kestanelerin test renklerinin değişimi üzerine detaylı araştırmalara rastlanılmamakla beraber *P. lividus*'un test ve diken renklerinin koyu eflatun, eflatun, kırmızı-kahverengi, koyu kahverengi, sarı-kahverengi, açık kahverengi ve zeytin yeşili arasında değiştiği birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir (Mortensen, 1943; Gamble, 1966). Çalışmada *P. lividus* için 5 farklı test rengine tespit dilmiş ve %20 ve 24 oranında bordo ve eflatun bireylere rastlanılmıştır. Siyah renkli kestane oranı ise % olarak tespit edilmiştir. *A. lixula*'nın test rengi koyu siyah olup, test ve dikenlerde başka renklenme gözlenmemiştir.

Izmir ili Urla ilçesine bağlı iskele mevkiinde gerçekleştirilen bu çalışmada *P. lividus* ile *A. lixula* 'nın birlikte bulunduğu, ancak her zaman dominant türün *P. lividus* olduğu görülmüştür. *P. lividus* üzerine elde edilen sonuçları tartışacak araştırma ülkemizde çok sınırlı olmakla beraber *A. lixula* hakkında benzer çalışmaya gerek yurtiçi ve gerekse yurtdışı kaynaklarda rastlanılmadığından karşılaştırmalar *P. lividus* ya da diğer kestaneler ile yapılmıştır. Ülkemiz sularında deniz kestaneleri bol miktarda bulunmasına karşın kestaneler üzerine araştırmaların az ya da benzer çalışmaların hiç olmaması bu çalışmanın önemini daha da arttırmaktadır. Önümüzdeki yıllarda bu türler üzerine çok daha fazla araştırma yapılacağı umudundayız.

Kaynakça

- Barker, M.F., J.A. Keogh, J.M. Lawrence and A.L. Lawrence, 1998. Feeding rate, absorption efficiencies, growth, and enhancement of gonad production in the New Zealand sea urchin *Evechinus chloroticus* valenciennes (Echinoidea: Echinometridae) fed prepared and natural diets. *J. Shellfish Res.* 17, 1583–1590.
- Barnes, R.D., 1974. *Invertebrate Zoology*. W.B. Saunders Company Philadelphia, London, Toronto. pp. 751-766
- Boolootion, R. A., 1960. The effect of temperature on gonadal growth of *Strongylocentrotus purpuratus*. *Anat. Rec.* 137: 342-343
- Boudouresque, C.F. and M. Verlaque, 2001. Ecology of *P. lividus*. In: J.M. Lawrence, (Ed.), *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology*. Elsevier, Amsterdam, pp. 177–216.
- Byrne, M., 1990. Annual reproductive cycles of commercial sea urchin *P. lividus* from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on the west coast of Ireland. *Mar. Biol.* 104, 275–289.
- Cruz-Garcia, C. De la, J. Lopez-Hernandez, M.J. Gonzalez-Castro, A.R.B. De Quiros and J. Simal-Lozano, 2000. Protein, amino acid and fatty acid contents in raw and canned sea urchins (*P. lividus*) harvested in Galicia (NW Spain). *J. Sci. Food Agric.* 80, 1189–1192.
- Dinçer, T., 2002. An investigation on biochemical composition of sea urchin, *P. lividus* (Lamarck 1816). (in Turkish). Ege University, Institute of Sciences, Msc Thesis, Bornova-Izmir.
- Gamble, J. C., 1965. Some observations on the behaviour of two regular echinoids. In: Lythoe JN, Woods JD (eds) *Symposium Underwater Association*. Underwater Ass., Malta, pp 47-50
- Giese, A.C., 1959. Reproductive cycles of some west coast invertebrate. In: *Photoperiodism and Related Phenomena in Plants and Animals*. Am. Assoc. Advan. Sci., Washington, DC, pp. 625–638.
- Klinger, T.S., S.A. Watts and D. Forcucci, 1988. Effect of short term feeding and starvation on storage and synthetic capacities of gut tissues of *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 117, 187–195.
- Keesing, J.K. and K.C. Hall, 1998. Review of harvests and status of world sea urchin fisheries points to opportunities for aquaculture. *J. Shellfish Res.* 17, 1597–1604.
- Köse, A., 2005. Gonad productivity and index changes of sea urchins (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816) in Çeşme-Mersin Bay. (in Turkish), Phd Thesis, Ege University, Institute of Sciences, Izmir, 140p.
- Lök, A., S. Acarlı, A. Köse, and S. Serdar, 2002. Sea urchins and rearing techniques (in Turkish), In: Özhan, E. ve N. Alpaslan (eds.) *Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları IV. Ulusal Konferansı*, Vol. II, pp. 769-780.
- Lawrence, J.M., S. Olave, R. Otaiza, A.L. Lawrence and E. Bustos, 1997. Enhancement of gonad production in the sea urchin *Loxechinus albus* in Chile fed extruded feeds. *J. World Aquac. Soc.* 28, 91–96.
- McBride, S.C., W.D. Pinnix, J.M. Lawrence, A.L. Lawrence and T.M. Mulligan, 1997. The effect of temperature on production of gonads by the sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus* fed natural and prepared diets. *J. World Aquac. Soc.* 28, 357–365.
- McBride, S.C., R.J. Price., P.D. Tom., J.M. Lawrence and A.L. Lawrence., 2004. Comparison of gonad quality factors: color, hardness and resilience, of *Strongylocentrotus franciscanus* between sea urchins fed prepared feed or algal diets and sea urchins harvested from the Northern California fishery. *Aquaculture*:233:405-422.
- Mortensen, A., 1943. A monograph of the Echinodia, III. 3 Camarodonta II. Echinidae, Strongylocentrotidae, Porasolenidae, Echinometridae C A rertzel, Copenhagen.
- Oral, R. and H. Uysal, 1996. Toxic effects of selenium on embryonic development of sea urchin *Arbacia lixula*. (in Turkish), *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13 (3-4): 273-285
- Oral, R., 2000. Investigation on the spermiotoxic and embryotoxic effects of selenate, selenite and Seleno-DL-Metionine on *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816). (in Turkish), *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17 (3-4): 165-176.
- Pearse, J.S. and R.A. Cameron, 1991. Echinodermata: Echinoidea. In: *Reproduction of marine invertebrates*. In: Giese, A.C., Pearse, J.S. and Pearse, V.B. (Eds.), *Echinoderms and Lophophorates VI* Boxwood Press, pp.513-662.
- Pearce, C.M., T.L. Daggett and S.M.C. Robinson, 2002. Effect of protein ratio and protein concentration in prepared diets on gonad yield and quality of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Aquaculture*, 214:307-332.
- Regis, M.B., 1979. Analyse des fluctuations des indices physiologiques chez deux echinoids (*P. lividus* (Lmck) et *A. lixula* L.) du Golfe de Marseille. *Tethys* 9, 167–181.
- Shpigel, M., S.C. McBride, S. Marciano and I. Lupatsch, 2004. The effect of photoperiod and temperature on the reproduction of European sea urchin *P. lividus*. *Aquaculture*, 232: 343-355.
- Shpigel, M., S. C. McBride, S. Marciano, S. R. and A. Ben-Amotzc, 2005. Improving gonad colour and somatic index in the European sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Aquaculture* 245 (2005) 101–109
- Spirlet, C., P. Grasjean, and M. Jangoux, 1998. Reproductive cycle of echinoid *P. lividus*: analysis by means of the maturity index. *Invertebrate Reproduction and Development*, 34:1-69-81 Daleban, Philadelphia.
- Spirlet, C., P. Grosjean and M. Jangoux, 2000. Optimization of gonad growth by manipulation of temperature and photoperiod in cultivated sea urchins, *P. lividus* (Lamarck) (Echinodermata). *Aquaculture* 185,85–99.
- Unuma, T., 2002. Gonadal growth and its relationship to aquaculture in sea urchins. In: Yukio, Y., V. Matranga, and Z. Smolenicka, Z. (Eds.), *The Sea Urchin: From Basic Biology to Aquaculture*. A.A. Balkema Publishers, The Netherlands, pp. 115–128.
- Ünsal, S., 1973. Bio-ecological investigations on Echinodermata that live in Turkish seawaters of Aegean Sea (in Turkish). Phd Thesis. 137p., Ege University, Izmir.
- Vadas, R.L., 1977. Preferential feeding: an optimization strategy in sea urchins. *Ecol. Monogr.* 47, 337–371.
- Vatova, A., 1950. Gli Echinodermi della Laguna, Venetta, Nova Thalassia, Italia, 1. (7): 1-13.
- Walker, C.W., N.A. Mcginn, L.M. Harrington, M.P. Lesser, 1998. New perspectives on sea urchin gametogenesis and their relevance to aquaculture. *J. Shellfish Research*, 17(5):1507-1514.
- Willis, M.E., 1976. Studies on the biology of the sea urchin, *P. lividus* (Lamarck) in Bantry Bay, south-west Ireland. MSc thesis, University College, Cork.
- Witman, J. D. and P. K. Dayton, (2001). Rocky subtidal communities. In: M. D. Bertness, S. D. Gaines and M. E. Hay (Eds.), *Marine community ecology*, Sunderland, USA: Sinauer Associates, Inc., pp. 339–366.